# 05 유전의 기본 원리(멘델 법칙)

## 05 1 멘델의 유전 연구

**1. 유전의 기본 용어** 부모로부터 자손에게 전달되는 생물의 고유한 특징

① 대립 형질 : 완두 씨의 색깔이 황색과 녹색으로 구분되는 것과 같이 하나의 형질에 대한 각각의 변이를 뜻한다.

② 우성과 열성 : 서로 다른 대립 형질을 가진 순종끼리 교배시켰을 때 자손 1대에 나타나는 형질을 우성, 나타나지 않는 형질을 열성이라고 한다.

③ 순종과 잡종 : 한 형질을 나타내는 한 쌍의 대립 유전자가 서로 같은 경우를 순종(동형 접합), 서로 다른 경우를 잡종(이형 접합)이라고 한다. 예 순종 : RR, rr, 잡종 : Rr

④ 표현형과 유전자형 : 표현형이란 유전자형에 의해 겉으로 드러나는 형질이고, 유전자형이란 대립 유전자의 구성을 기호로 나타낸 것이다. 예 표현형 : 완두 씨의 색깔이 녹색이다/황색이다, 유전자형 : RR/Rr/rr

우성인 대립 유전자는 알파벳 대문자, 열성인 대립 유전자는 알파벳 소문자로 표시한다.

**2. 멘델의 가설**

① 모든 생물에는 형질을 결정하는 1쌍의 유전 인자가 있으며, 이 유전 인자는 어버이로부터 하나씩 물려받은 것이다. (유전 인자: 대립 유전자)

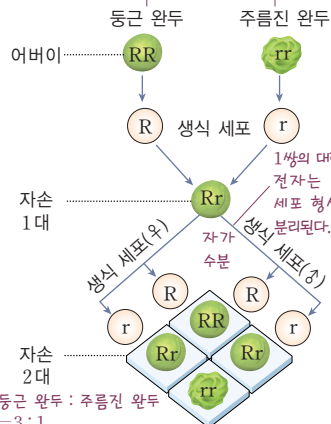
② 쌍을 이룬 유전 인자가 서로 다른 인자일 경우 하나의 유전 인자(우성)만 표현되며, 나머지 인자(열성)는 표현되지 않는다.

③ 쌍을 이룬 유전 인자는 생식 세포가 만들어질 때 분리되어 각각 서로 다른 생식 세포로 들어갔다가 수정에 의해 다시 쌍을 이룬다.

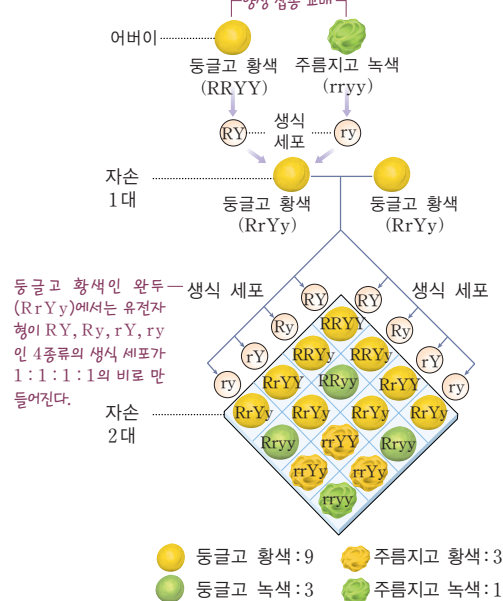
**3. 멘델 법칙**

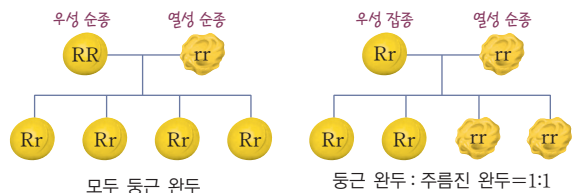
① 우성과 열성 : 유전자형이 잡종인 경우 겉으로 표현되는 대립 유전자는 우성, 겉으로 표현되지 않는 대립 유전자는 열성이다.

② 분리의 법칙 : 대립 유전자는 생식 세포 형성 시 분리되어 각각 다른 생식 세포로 들어가 자손에서 표현형이 일정한 비율로 나타난다.

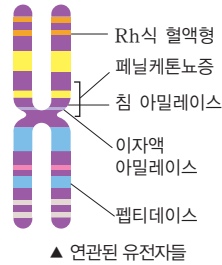
- 순종의 둥근 완두(RR)와 주름진 완두(rr)를 교배하면 자손 1대에서는 우성 형질인 둥근 완두(Rr)만 나타나고, 열성 형질인 주름진 완두는 나타나지 않는다.
- 자손 1대를 자가 수분시키면 둥근 완두(Rr)가 감수 분열로 생식 세포를 형성하면서 쌍을 이루던 대립 유전자가 분리되어 들어간다. 그 결과 자손 2대에서 우성 형질인 둥근 완두와 열성 형질인 주름진 완두가 3 : 1의 비로 나타나고, 유전자형은 RR : Rr : rr=1 : 2 : 1의 비로 나타난다.

단성 잡종 교배
둥근 완두 주름진 완두
어버이 RR rr
R 생식 세포 r
1쌍의 대립 유전자는 생식 세포 형성 시 분리된다.
자손 1대 Rr
생식 세포(♀) 자가 수분 생식 세포(♂)
R R r r
자손 2대 RR Rr Rr rr
둥근 완두 : 주름진 완두 =3 : 1

③ 독립의 법칙 : 2쌍 이상의 대립 형질이 함께 유전될 때 각각의 형질은 서로의 유전에 영향을 미치지 않고 분리의 법칙에 따라 독립적으로 유전된다.

**꼭! 나오는 자료** 빈출유형 136번

- 순종의 둥글고 황색인 완두(RRYY)와 주름지고 녹색인 완두(rryy)를 교배시켰을 때 자손 1대($F_1$)에서는 둥글고 황색인 완두(RrYy)만 나타난다.
- 자손 1대($F_1$)를 자가 수분시키면 자손 2대($F_2$)에서는 둥글고 황색 : 둥글고 녹색 : 주름지고 황색 : 주름지고 녹색=9 : 3 : 3 : 1의 비로 나타난다. 이때 완두의 모양과 색깔을 따로 고려하면 둥근 완두 : 주름진 완두 =3 : 1, 황색 완두 : 녹색 완두=3 : 1의 비로 나타난다. ➡ 완두의 모양과 색깔이라는 2가지 대립 형질이 분리의 법칙에 따라 각각 독립적으로 유전된다.

**4. 검정 교배** 우성의 표현형을 나타내는 개체가 순종인지 잡종인지 알아보기 위해 열성 순종의 개체와 교배하는 것이다.

## 05-2 멘델 법칙으로 설명되지 않는 유전 현상

**1. 연관** 하나의 염색체에 여러 개의 유전자가 있다.

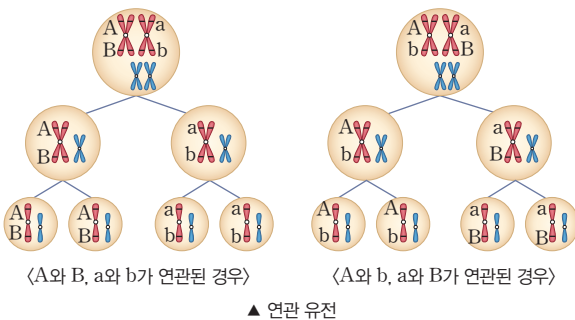
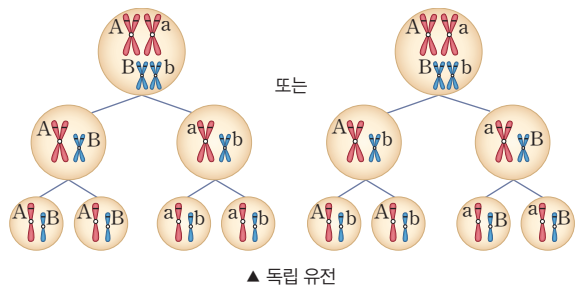
① 연관군 : 같은 염색체 내에 존재하는 유전자들을 연관군이라고 하며, 연관군의 수는 상동 염색체 쌍의 수와 같으므로 생식 세포의 염색체 수($n$)와 같다.

▲ 연관된 유전자들

② 연관 유전 : 연관된 유전자들은 감수 분열 과정에서 서로 분리되지 않고 함께 이동하므로 멘델 법칙 중 독립의 법칙이 적용되지 않는다.

**꼭! 나오는 자료** 빈출유형 146번

**독립 유전과 연관 유전**

▲ 독립 유전

〈A와 B, a와 b가 연관된 경우〉 〈A와 b, a와 B가 연관된 경우〉

▲ 연관 유전

- 독립 유전 : 두 대립 유전자 쌍(A와 a, B와 b)이 서로 다른 염색체에 위치하는 경우로, 독립의 법칙이 적용된다.
- 연관 유전 : A와 B(a와 b) 또는 A와 b(a와 B)가 동일한 염색체에 위치하는 경우로, 독립의 법칙이 적용되지 않는다.

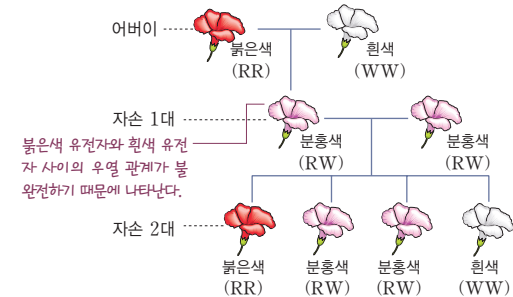
| 구분 | 개체의 유전자형 : AaBb | | |
|---|---|---|---|
| | 독립 유전 | 연관 유전 (A와 B, a와 b) | 연관 유전 (A와 b, a와 B) |
| 생식 세포의 유전자형 비 (AB : Ab : aB : ab) | 1 : 1 : 1 : 1 | 1 : 0 : 0 : 1 | 0 : 1 : 1 : 0 |
| 검정 교배 시 자손의 표현형 비(A_B_ : A_bb : aaB_ : aabb) | 1 : 1 : 1 : 1 | 1 : 0 : 0 : 1 | 0 : 1 : 1 : 0 |
| 자가 교배 시 자손의 표현형 비(A_B_ : A_bb : aaB_ : aabb) | 9 : 3 : 3 : 1 | 3 : 0 : 0 : 1 | 2 : 1 : 1 : 0 |

**2. 중간 유전** 대립 유전자 사이의 우열 관계가 불완전하여 어버이의 중간 형질이 나타나는 유전 현상 예 분꽃의 꽃 색깔 유전, 팔로미노 말의 털 색깔 유전, 금어초의 꽃 색깔 유전

(분리의 법칙은 적용된다.)

(갈색 털과 흰색 털 형질을 가진 어버이 사이에서 황금색 털을 가진 팔로미노 말이 태어난다.)

**꼭! 나오는 자료** 빈출유형 147번

**중간 유전 – 분꽃의 꽃 색깔 유전**

자손 1대를 자가 수분시켜 얻은 자손 2대에서 유전자형의 분리비와 표현형의 분리비는 같게 나온다. ➡ RR(붉은색) : RW(분홍색) : WW(흰색) = 1 : 2 : 1이 된다.

### 핵심 문제로 개념 마무리

바른답·알찬풀이 p.21

**1** 다음 설명 중 옳은 것은 ○표, 옳지 않은 것은 ×표 하시오.

(1) 순종의 둥근 완두(RR)와 순종의 주름진 완두(rr)를 교배시키면 자손 1대에서 표현형은 둥근 완두, 유전자형은 Rr인 완두만 나타난다. ( )

(2) 대립 유전자 쌍이 생식 세포 형성 시 분리되어 각각 다른 생식 세포로 들어가 자손에서 표현형이 일정한 비율로 나타나는 현상을 분리의 법칙이라고 한다. ( )

(3) 서로 다른 형질을 결정하는 유전자들이 하나의 염색체에 함께 있는 경우 독립의 법칙에 따라 유전된다. ( )

(4) 분홍색 분꽃과 흰색 분꽃을 교배하면 자손의 표현형 비는 분홍색 분꽃 : 흰색 분꽃 = 2 : 1이 된다. ( )

**2** ( ) 안에 들어갈 알맞은 말을 쓰시오.

(1) 유전자형이 Yy인 황색 완두를 자가 수분시키면 자손에서는 황색 완두와 녹색 완두가 ( )의 비로 나타난다.

(2) 독립의 법칙에 따르면 자손 1대인 둥글고 황색인 완두(RrYy)를 자가 수분시켜 얻은 자손 2대에서는 둥글고 황색(R_Y_), 둥글고 녹색(R_yy), 주름지고 황색(rrY_), 주름지고 녹색(rryy)인 완두가 ( )의 비로 나타난다.

(3) 대립 유전자 사이의 우열 관계가 불완전하여 중간 형질이 나타나는 현상을 ( )이라고 한다.

## 05-1 멘델의 유전 연구

### 122

멘델이 자신의 완두 교배 실험 결과를 설명하기 위해 가정한 내용으로 옳지 않은 것은?

① 완두의 형질을 결정하는 유전 인자는 염색체에 존재한다.
② 한 개체에는 하나의 형질에 대한 유전 인자가 쌍으로 존재한다.
③ 쌍을 이룬 유전 인자가 다를 경우, 그중 한 유전 인자만 표현된다.
④ 생식 세포에 존재하는 유전 인자는 수정에 의하여 다시 쌍을 이룬다.
⑤ 개체가 가진 1쌍의 유전 인자는 서로 분리되어 각각의 생식 세포로 나뉘어 들어간다.

### 123

멘델이 사용한 완두가 유전 실험 재료로 적합한 이유로 옳은 것을 있는 대로 고르면? (3가지)

① 한 세대가 길다.
② 자손의 수가 많다.
③ 자유로운 교배가 가능하다.
④ 구하기 쉽고 재배하기 쉽다.
⑤ 대립 형질이 뚜렷하지 않다.

### 124

다음은 완두의 키 유전에 대한 교배 실험을 설명한 것이다.

- 순종의 큰 키 완두와 작은 키 완두를 교배하여 얻은 자손 1대($F_1$)는 모두 큰 키 완두였다.
- 자손 1대($F_1$)를 자가 수분시켜 얻은 ㉠ 자손 2대($F_2$)에서는 큰 키 완두와 작은 키 완두가 3 : 1의 비율로 나타났다.

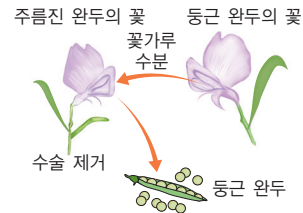
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 큰 키는 작은 키에 대해 우성 형질이다.
ㄴ. 자손 2대($F_2$)에서 잡종과 순종의 비는 3 : 1이다.
ㄷ. ㉠을 통해 완두의 키 유전에서 멘델 법칙 중 분리의 법칙이 성립됨을 알 수 있다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

### 125

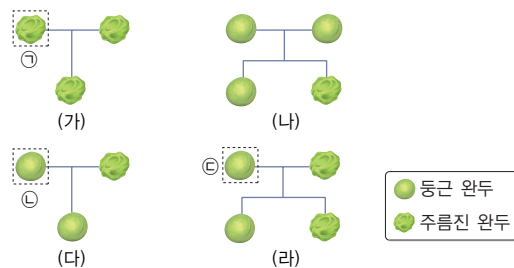
다음은 완두를 이용한 교배 실험을 나타낸 것이다.

(가) 수술을 제거한 순종의 주름진 완두 꽃의 암술에 순종의 둥근 완두 꽃의 꽃가루를 수분시킨다.
(나) (가)의 결과 모두 둥근 완두만 열렸다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 과정 (가)에서 수술을 제거한 것은 자가 수분을 방지하기 위한 것이다.
ㄴ. 과정 (나)에서 얻은 둥근 완두끼리 교배하여 얻은 자손의 유전자형은 모두 동형 접합이다.
ㄷ. 실험 결과 둥근 모양 형질은 우성, 주름진 모양 형질은 열성임을 알 수 있다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

### 126

그림은 완두 씨의 모양에 대한 4가지 교배 실험 (가)~(라)의 결과를 나타낸 것이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (교배 결과 그림에 제시된 표현형의 자손만 나오며, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

보기
ㄱ. ㉠의 유전자형은 동형 접합이다.
ㄴ. 꽃가루의 유전자형 종류는 ㉢이 ㉡의 2배이다.
ㄷ. 둥근 완두가 주름진 완두에 대해 우성임을 알 수 있게 해주는 교배 실험은 (나)와 (다)이다.

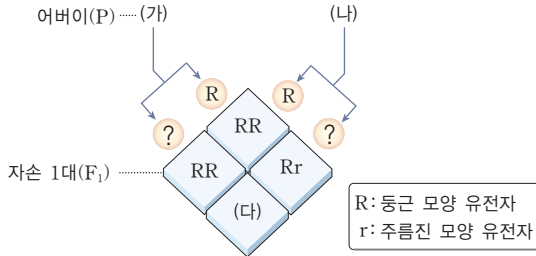
① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

II

## 127

그림은 같은 종에 속하는 식물 (가)와 (나)를 교배하여 자손($F_1$)을 얻는 과정을 나타낸 것이다. 종자 모양은 1쌍의 대립 유전자 R와 r에 의해 결정되며, 대립 유전자 R는 대립 유전자 r에 대해 완전 우성이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)와 (나)의 표현형은 서로 같다.
ㄴ. (나)에서 형성된 생식 세포의 유전자형 종류는 2가지이다.
ㄷ. (다)는 Rr이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

## 128

다음은 완두를 이용한 멘델의 교배 실험에 대한 설명이다.

순종의 ㉠ 황색 완두와 녹색 완두를 교배하여 자손 1대($F_1$)에서 ㉡ 황색 완두를 얻고, 이를 자가 교배하여 얻은 자손 2대($F_2$)는 표와 같다.

| 자손 2대($F_2$)의 표현형 | ㉢ 황색 완두 | ㉣ 녹색 완두 |
|---|---|---|
| 개체수 | 600 | 200 |

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 황색 대립 유전자는 Y, 녹색 대립 유전자는 y이며, 돌연변이는 없다.)

보기

ㄱ. ㉡은 우성 표현형이다.
ㄴ. ㉢ 중에서 ㉠과 유전자형이 같은 개체의 비율은 $\frac{1}{3}$이다.
ㄷ. ㉣의 개체끼리 교배하여 얻은 자손의 표현형은 모두 녹색 완두이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

## 129

철수와 영희는 멘델의 유전 원리를 알아보기 위해 다음과 같은 실험을 하였다.

[실험 과정]
(가) A로 표시한 검은색 바둑알(●) 100개와 a로 표시한 흰색 바둑알(○) 100개를 2개의 통에 각각 50개씩 나누어 넣고 잘 흔들어 섞는다.
(나) 각 통에서 바둑알을 하나씩 꺼내어 기록한다.
[실험 결과]

| 꺼낸 바둑알의 조합 | ●● | ●○ | ○○ |
|---|---|---|---|
| 나온 횟수 | 25 | 50 | 25 |

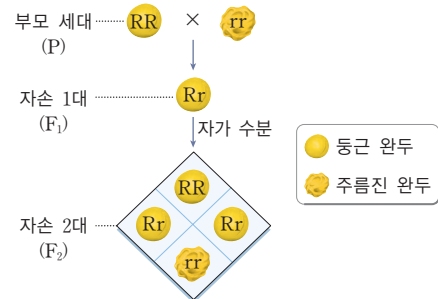
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 바둑알의 표시 A는 우성 유전자를, a는 열성 유전자를 의미한다.)

보기

ㄱ. 이 실험은 독립의 법칙을 알아보기 위한 것이다.
ㄴ. (나) 과정에서 바둑알의 조합은 수정을 의미한다.
ㄷ. 실험 결과 유전자형의 비는 AA : Aa : aa=1 : 2 : 1이다.

① ㄷ ② ㄱ, ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

## 130

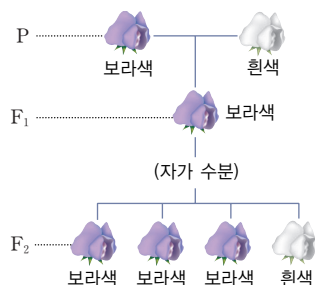
그림은 완두의 교배 실험 및 결과를 나타낸 것이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, R와 r는 완두 모양을 결정하는 대립 유전자이다.)

보기

ㄱ. $F_1$에서 R와 r는 상동 염색체의 같은 위치에 존재한다.
ㄴ. $F_1$을 주름진 완두와 교배하여 얻은 자손의 표현형은 모두 둥근 완두이다.
ㄷ. $F_2$에서 표현형의 분리비가 3 : 1인 것은 유전자 R와 r가 각각 서로 다른 생식 세포로 들어갔기 때문이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

## 131

그림은 순종의 서로 다른 꽃 색깔을 가진 완두 개체끼리 교배하여 자손 1대($F_1$)를 얻고, 이를 자가 수분시켜 자손 2대($F_2$)를 얻은 결과를 나타낸 것이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

**보기**

ㄱ. 보라색 꽃은 흰색 꽃에 대해 우성이다.
ㄴ. $F_1$을 검정 교배하여 얻은 자손의 표현형 비율은 보라색 : 흰색 = 1 : 1이다.
ㄷ. $F_2$에서 꽃 색깔 유전자형의 종류는 3가지이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

## 132

다음 멘델의 완두 교배 실험 결과에서 자손 2대 중 자손 1대와 유전자형이 다른 둥근 완두는 이론상 몇 개인지 쓰시오.

(가) 순종의 둥근 완두와 순종의 주름진 완두를 교배하여 자손 1대에서 모두 둥근 완두를 얻었다.
(나) (가)에서 얻은 자손 1대의 완두를 자가 수분시켜 2,000개의 자손 2대를 얻었다.

## 133

완두를 이용하여 다음과 같은 교배 실험을 하였다.

(가) 황색 완두(㉠)와 녹색 완두를 교배하였더니 황색 완두만 200개 나왔다.
(나) 황색 완두(㉡)와 녹색 완두를 교배하였더니 황색 완두가 250개, 녹색 완두가 250개 나왔다.

㉠과 ㉡을 교배하였을 때 나타나는 자손의 표현형을 예측하여 쓰시오.

## 134

표는 순종의 매끈하고 녹색인 콩깍지를 갖는 완두와 순종의 잘록하고 황색인 콩깍지를 갖는 완두를 교배하여 자손 1대($F_1$)를 얻고, 이 $F_1$을 자가 수분시켜 얻은 자손 2대($F_2$)의 표현형과 개체수를 나타낸 것이다.

| 어버이 | 자손 1대($F_1$) | 자손 2대($F_2$) | |
|---|---|---|---|
| | | 표현형 | 개체수 |
| 매끈하고 녹색 (AABB)× 잘록하고 황색 (aabb) | 매끈하고 녹색 (AaBb) | 매끈하고 녹색 | 3780 |
| | | 매끈하고 황색 | 1260 |
| | | 잘록하고 녹색 | 1260 |
| | | 잘록하고 황색 | 420 |

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

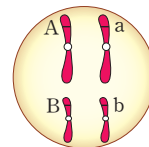
**보기**

ㄱ. 콩깍지 색깔은 황색이 녹색에 대해 열성이다.
ㄴ. 콩깍지 모양과 색깔을 나타내는 유전자는 생식 세포 형성 시 서로 분리되지 않고 함께 이동한다.
ㄷ. 자손 1대의 완두에서는 유전자 구성이 AB, Ab, aB, ab인 생식 세포가 1 : 1 : 1 : 1의 비로 만들어진다.

① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

## 135

표는 완두의 대립 형질과 유전자를, 그림은 어떤 완두의 염색체에 존재하는 이들 유전자의 위치를 나타낸 것이다.

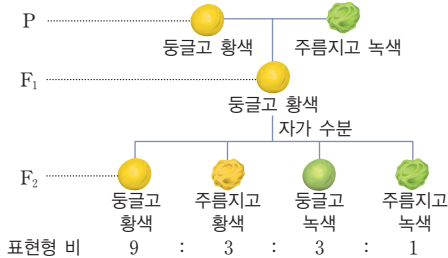
| 구분 | 씨 모양 | | 씨 색깔 | |
|---|---|---|---|---|
| 형질 | 둥글다 | 주름지다 | 황색 | 녹색 |
| 유전자 | A | a | B | b |

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

ㄱ. 씨의 모양과 씨의 색깔은 독립의 법칙에 따라 유전된다.
ㄴ. 감수 분열 시 대립 유전자 B와 b는 분리되어 서로 다른 생식 세포로 들어간다.
ㄷ. 이 완두를 자가 수분시켰을 때 유전자형이 aabb인 개체가 나올 확률은 $\frac{3}{16}$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

## 136

그림은 순종의 둥글고 황색인 완두와 주름지고 녹색인 완두를 교배하여 자손 1대($F_1$)를 얻고, 이 $F_1$을 자가 수분하여 자손 2대($F_2$)를 얻는 과정을 나타낸 것이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

보기
- ㄱ. $F_2$에서 황색 완두와 녹색 완두의 비는 3 : 1이다.
- ㄴ. $F_2$의 둥글고 황색인 완두 중 $F_1$과 유전자형이 같은 완두의 비율은 $\frac{1}{3}$이다.
- ㄷ. $F_1$을 검정 교배하여 얻은 자손의 표현형 비는 둥글고 황색 : 주름지고 황색 : 둥글고 녹색 : 주름지고 녹색 = 1 : 1 : 1 : 1이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

## 137

표는 유전자형이 다른 완두 (가)~(다)를 각각 검정 교배하여 얻은 자손의 표현형 비를 나타낸 것이다. 둥근 모양 유전자는 R, 주름진 모양 유전자는 r, 황색 유전자는 Y, 녹색 유전자는 y이며, 독립의 법칙에 따라 유전된다.

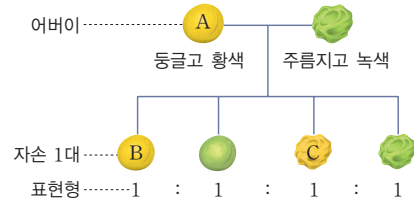
| 완두 | 자손의 표현형 비 | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 둥글고 황색 | 둥글고 녹색 | 주름지고 황색 | 주름지고 녹색 |
| (가) | 0 | 1 | 0 | 0 |
| (나) | 1 | 1 | 1 | 1 |
| (다) | 0 | 0 | 1 | 1 |

이 표에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기
- ㄱ. (가)는 유전자 R와 y를 가진다.
- ㄴ. (나)의 유전자형은 rrYY이다.
- ㄷ. (다)의 생식 세포 중 유전자형이 ry인 것의 비율은 25 %이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

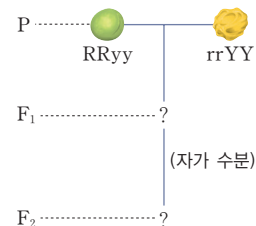
## 138

그림은 둥글고 황색인 완두 A와 주름지고 녹색인 완두를 교배하였을 때, 자손 1대에서의 표현형 분리비를 나타낸 것이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기
- ㄱ. 완두 A는 잡종이다.
- ㄴ. 완두 B의 유전자형은 이형 접합이다.
- ㄷ. 완두 C가 만들 수 있는 생식 세포의 유전자형 종류는 4가지이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

## 139

그림과 같이 둥글고 녹색인 완두(RRyy)와 주름지고 황색인 완두(rrYY)를 교배하여 자손 1대($F_1$)를 얻은 후, 이를 자가 수분시켜 자손 2대($F_2$)를 얻었다. (단, 유전자 R, Y는 r, y에 대해 각각 우성이고, 독립의 법칙에 따라 유전된다.)

(1) 자손 1대의 표현형과 유전자형을 각각 쓰시오.
(2) 자손 2대에서 6,400개의 완두를 얻었을 때, 자손 1대와 같은 표현형을 가진 완두는 이론적으로 몇 개인지 쓰시오.

## 140 서술형

유전자형이 AaBbCCdd인 식물을 AABbCcDd인 식물과 교배시켰을 경우 AabbCCDD인 유전자형을 가진 자손이 나올 확률을 구하고, 그렇게 판단한 이유를 설명하시오. (단, 생식 세포 형성 시 4가지 대립유전자 쌍의 분리는 서로 독립적으로 일어나며, 돌연변이는 고려하지 않는다.) [6점]

## 05-2 멘델 법칙으로 설명되지 않는 유전 현상

### 141

표는 유전자형이 AaBbDd인 식물 X를 자가 수분시켜 얻은 자손 1대($F_1$) 800개체의 표현형에 따른 개체수를 나타낸 것이다. A, B, D는 각각의 대립 유전자 a, b, d에 대해 완전 우성이다.

| 표현형 | 개체수 | 표현형 | 개체수 |
|---|---|---|---|
| A_B_D_ | 300 | A_bbD_ | 100 |
| A_B_dd | 150 | A_bbdd | 50 |
| aaB_D_ | 150 | aabbD_ | 50 |

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.)

보기
ㄱ. 식물 X에서 대립 유전자 A와 D가 연관되어 있다.
ㄴ. X에서 형성한 꽃가루의 유전자형 종류는 4가지이다.
ㄷ. $F_1$에서 표현형이 aaB_D_인 개체들의 유전자형은 2가지이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

### 142

표는 어떤 식물에서 유전자형이 HhQqRr인 개체 (가)를 검정 교배시켜 얻은 자손($F_1$)의 유전자형 비를 나타낸 것이다. H, Q, R는 h, q, r에 대해 각각 완전 우성이다.

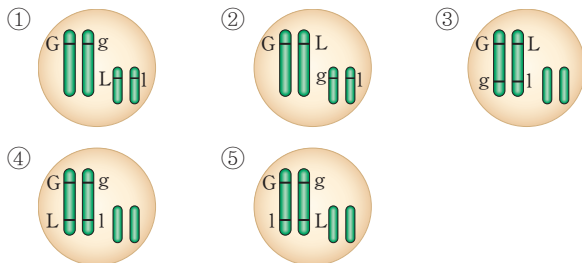
| HhQq : Hhqq : hhQq : hhqq=0 : 1 : 1 : 0 |
|---|
| HhRr : Hhrr : hhRr : hhrr=1 : 1 : 1 : 1 |

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.)

보기
ㄱ. 유전자 Q와 r는 동일한 염색체 상에 존재한다.
ㄴ. 개체 (가)에서 유전자형이 HQr인 생식 세포가 만들어진다.
ㄷ. $F_1$에서 QqRr : Qqrr : qqRr : qqrr=1 : 1 : 1 : 1이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

### 143

회색 몸 · 정상 날개(GgLl)인 암수 초파리를 교배하여 얻은 자손의 표현형 비율이 회색 몸 · 정상 날개 : 회색 몸 · 흔적 날개 : 검은색 몸 · 정상 날개=2 : 1 : 1이었다. 이를 근거로 부모 세대가 가진 유전자를 염색체에 옳게 표현한 것은? (단, 회색 몸 대립 유전자 G는 검은색 몸 대립 유전자 g에 대해, 정상 날개 대립 유전자 L은 흔적 날개 대립 유전자 l에 대해 각각 우성이며, 교차와 돌연변이는 고려하지 않는다.)

①
②
③
④
⑤
### 144

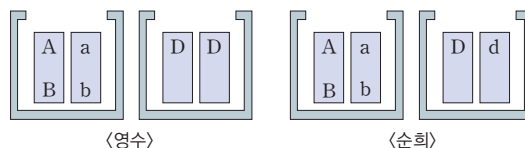
다음은 어떤 식물의 유전 현상을 알아보기 위한 모의 실험이다.

(가) 식물의 형질을 조사하여 표로 나타내었다.

| 형질 | 대립 형질(유전자) | |
|---|---|---|
| | 우성 | 열성 |
| 씨 색깔 | 황색(A) | 녹색(a) |
| 씨 모양 | 둥글다(B) | 주름지다(b) |
| 꽃 색깔 | 자주색(D) | 흰색(d) |

(나) 영수와 순희는 그림과 같이 유전자가 적힌 카드가 들어 있는 상자를 2개씩 가지고 있다.

〈영수〉

〈순희〉

(다) 각각의 상자에서 카드를 무작위로 1장씩 꺼낸다.
(라) 영수와 순희가 꺼낸 카드를 합친 후 유전자형과 표현형을 기록하고 꺼낸 상자에 다시 넣는다.
(마) (다)와 (라)를 여러 차례 반복한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

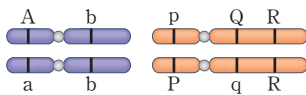
보기
ㄱ. 씨 색깔과 모양 유전자는 상동 염색체의 같은 위치에 존재한다.
ㄴ. (다)는 생식 세포 형성 시 상동 염색체가 분리되는 것을 의미한다.
ㄷ. (마)의 결과 녹색 씨 · 자주색 꽃인 개체가 나올 확률은 $\frac{1}{2}$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

II

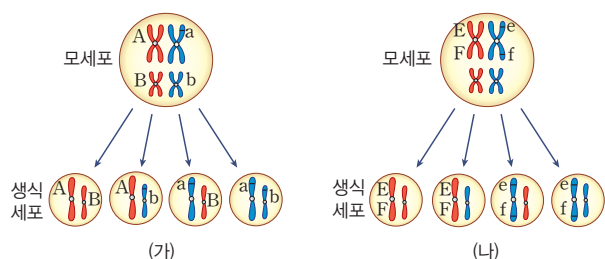
## 145

오른쪽 그림은 어떤 동물에서 체세포에 있는 2쌍의 상동 염색체의 유전자 위치를 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 이 동물이 생식 세포를 형성할 때 돌연변이와 교차는 일어나지 않는다.)

**보기**

ㄱ. 유전자 Q는 유전자 q의 DNA 복제에 의해 만들어진 것이다.
ㄴ. 이 동물이 만든 모든 생식 세포는 유전자 b와 P를 갖는다.
ㄷ. 유전자 a, b와 P, q, R가 같은 생식 세포에 들어갈 확률은 25 %이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

## 146

그림 (가)와 (나)는 2가지 형질에 대한 대립 유전자를 가진 모세포가 생식 세포를 만든 결과를 나타낸 것이다.

이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 알파벳은 대립 유전자를 의미한다.)

① (가)에서 만들어지는 생식 세포의 종류는 4가지이다.
② (가)에서 감수 분열 시 유전자 A와 a는 서로 다른 생식 세포로 나뉘어 들어간다.
③ (나)에서 유전자 E와 F는 연관되어 있다.
④ (나)의 모세포를 검정 교배시키면 유전자형이 EeFf인 개체는 나오지 않는다.
⑤ (나)에서 유전자 F와 f 사이에 교차가 일어나면, 유전자형이 Ef나 eF와 같은 생식 세포가 만들어질 수 있다.

## 147

다음은 어떤 식물의 꽃 색 유전에 대한 자료이다.

- 꽃 색깔은 1쌍의 대립 유전자에 의해 결정되며, 대립 유전자의 종류는 2가지이다.
- 붉은색 꽃인 개체와 흰색 꽃인 개체를 교배하여 얻은 자손의 꽃 색깔은 모두 ㉠ 분홍색이다.
- 분홍색 꽃인 개체를 자가 수분시켜 얻은 자손의 표현형 비는 붉은색 : 분홍색 : 흰색=1 : 2 : 1이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

**보기**

ㄱ. 꽃 색깔을 결정하는 대립 유전자 사이의 우열 관계는 불분명하다.
ㄴ. ㉠을 흰색 꽃인 개체와 교배하면 붉은색 꽃인 자손을 얻을 수 있다.
ㄷ. 이 식물의 꽃 색깔 유전은 멘델 법칙 중 분리의 법칙을 따르지 않는다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

## 148

다음은 어떤 식물 종에서 유전자형이 AaBbDd인 개체 P1과 P2에 대한 자료이다.

- 대립 유전자 A, B, D는 대립 유전자 a, b, d에 대해 각각 완전 우성이다.
- P1에서 대립 유전자 A와 B는 연관되어 있고, P1을 자가 수분시켜 얻은 자손의 표현형은 4가지이다.
- P2에서 대립 유전자 a와 B는 연관되어 있고, P2를 자가 수분시켜 얻은 자손의 표현형은 6가지이다.

P1과 P2를 교배시켜 얻은 자손의 표현형의 종류는 몇 가지인지 쓰시오. (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.)

## 149

정답률 30%

다음은 어떤 동물의 눈 색깔 유전에 대한 자료이다.

- 눈 색깔의 표현형은 3가지이며, 상염색체에 있는 1쌍의 대립 유전자에 의해 결정된다.
- 눈 색깔을 결정하는 대립 유전자는 3가지이며, 각 대립 유전자 사이의 우열 관계는 분명하다.
- 표는 이 동물의 눈 색깔에 대한 교배 실험 결과이다.

| 실험 | 부모의 표현형 | | 자손($F_1$)의 표현형 비 (붉은색 : 선홍색 : 흰색) |
|---|---|---|---|
| Ⅰ | 선홍색 | 선홍색 | 1 : 3 : 0 |
| Ⅱ | 선홍색 | ㉠ 붉은색 | 1 : 2 : 1 |

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

보기

ㄱ. 선홍색 눈은 붉은색 눈에 대해 우성이다.
ㄴ. 실험 Ⅰ에서 선홍색 눈을 가진 자손($F_1$)이 가질 수 있는 눈 색깔 유전자형의 종류는 2가지이다.
ㄷ. ㉠을 자가 교배하여 얻은 자손이 흰색 눈을 가진 개체일 확률은 $\frac{1}{2}$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

## 150

수능모의평가

정답률 25%

표는 유전자형이 RrTtYy인 어떤 식물 P를 자가 수분시켜 얻은 자손($F_1$) 800개체의 표현형에 따른 개체수를 나타낸 것이다. 대립 유전자 R, T, Y는 대립 유전자 r, t, y에 대해 각각 완전 우성이다.

| 표현형 | 개체수 | 표현형 | 개체수 |
|---|---|---|---|
| R_T_Y_ | 300 | rrT_yy | 50 |
| R_T_yy | 100 | R_ttY_ | 150 |
| rrT_Y_ | 150 | R_ttyy | 50 |

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 교차는 고려하지 않는다.)

보기

ㄱ. R와 y는 연관되어 있다.
ㄴ. P에서 형성된 꽃가루 중 Rty의 유전자형을 가지는 꽃가루가 있다.
ㄷ. $F_1$에서 표현형이 R_T_Y_인 개체들의 유전자형은 2가지이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

## 151

정답률 30%

표는 완두 (가)와 (나)를 각각 자가 수분시켜 얻은 자손의 표현형에 따른 개체수를 나타낸 것이다. 둥근 모양 유전자 R는 주름진 모양 유전자 r에 대해, 황색 유전자 Y는 녹색 유전자 y에 대해 각각 우성이다.

| 구분 | 자손의 표현형 | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 둥글고 녹색 | 둥글고 황색 | 주름지고 황색 | 주름지고 녹색 |
| (가)×(가) | 120 | 0 | 0 | 40 |
| (나)×(나) | 60 | 180 | 60 | 20 |

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이는 일어나지 않는다.)

보기

ㄱ. 완두 (가)의 유전자형은 Rryy이다.
ㄴ. 완두 (나)의 표현형은 둥글고 황색이다.
ㄷ. 완두 (나)에서 감수 분열 시 유전자 R와 Y는 항상 같은 생식 세포로 들어간다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

## 152

정답률 25%

다음은 어떤 동물의 뿔 유전에 대해 조사한 자료이다.

이 동물의 뿔 생성에는 상염색체에 있는 두 대립 유전자 H와 $H^+$가 관여한다. 표는 이 동물의 성별과 유전자형에 따른 뿔의 유무를 나타낸 것이다.

| 수컷 | | 암컷 | |
|---|---|---|---|
| 유전자형 | 뿔의 유무 | 유전자형 | 뿔의 유무 |
| HH | 있음 | HH | 있음 |
| $HH^+$ | 있음 | $HH^+$ | 없음 |
| $H^+H^+$ | 없음 | $H^+H^+$ | 없음 |

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 뿔이 있는 암컷이 낳은 수컷은 모두 뿔이 없다.
ㄴ. 뿔이 없는 수컷과 뿔이 있는 암컷을 교배하였을 때 태어난 자손의 뿔 유전자형은 모두 동일하다.
ㄷ. 잡종의 뿔이 있는 수컷과 잡종의 뿔이 없는 암컷을 교배하여 얻은 자손 중에서 뿔이 없는 수컷이 태어날 확률은 $\frac{1}{4}$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

## 153

정답률 25%

표는 유전자형이 RrTtYy인 식물 P를 자가 교배하여 얻은 자손 1대($F_1$) 800개체의 표현형에 따른 개체수를 나타낸 것이다. 대립 유전자 R와 T는 각각 대립 유전자 r와 t에 대해 완전 우성이다. 대립 유전자 Y와 y 사이의 우열 관계는 분명하지 않으며, YY, Yy, yy는 표현형이 서로 다르다.

| 표현형 | 개체수 | 표현형 | 개체수 |
|---|---|---|---|
| R_T_YY | 150 | R_ttYY | 50 |
| R_T_Yy | 300 | R_ttYy | 100 |
| rrT_yy | ㉠ 150 | rrttyy | 50 |

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.)

보기

ㄱ. P에서 R와 Y는 같은 염색체에 있다.
ㄴ. ㉠에서 유전자형이 rrTTyy인 개체의 수는 50이다.
ㄷ. $F_1$에서 표현형이 R_T_YY인 개체들의 유전자형은 3가지이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

## 154

정답률 35%

표는 유전자형이 GgYy인 개체 (가)와 (나)를 이용한 2가지 교배 실험 결과를 나타낸 것이다. 대립 유전자 G와 Y는 대립 유전자 g와 y에 대하여 각각 완전 우성이다.

| 구분 | 자손($F_1$)의 표현형에 따른 개체수 | | | |
|---|---|---|---|---|
| | G_Y_ | G_yy | ggY_ | ggyy |
| (가)의 자가 교배 | 75 | 0 | 0 | 25 |
| (나)의 검정 교배 | 0 | 50 | 50 | 0 |

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 교차와 돌연변이는 고려하지 않는다.)

보기

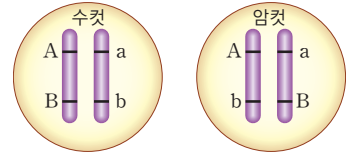
ㄱ. (가)의 자가 교배 결과 얻은 자손($F_1$)에서 유전자형이 GgYy인 개체의 수는 25이다.
ㄴ. (가)와 (나)를 교배하여 자손을 얻을 때, 이 자손의 표현형이 G_yy일 확률은 $\frac{1}{4}$이다.
ㄷ. (나)의 꽃가루 중 유전자형이 Gy인 꽃가루의 비율은 50 %이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

## 155

정답률 40%

오른쪽 그림은 어떤 동물의 염색체 위에 유전자를 표현한 것이다. A와 a는 키를, B와 b는 털 색을 결정하는 유전자이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 교차는 일어나지 않는다.)

보기

ㄱ. 키 형질의 유전은 멘델의 분리의 법칙을 따른다.
ㄴ. 암컷에서 유전자형이 AB, ab인 생식 세포가 생성된다.
ㄷ. 암컷과 수컷을 교배하면 유전자형이 aaBb인 자손이 나올 수 없다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

## 156

정답률 30%

철수는 붉은색 눈 · 정상 날개인 초파리(PPVV)와 자주색 눈 · 흔적 날개인 초파리(ppvv)를 교배시켜 붉은색 눈 · 정상 날개인 $F_1$(PpVv)을 얻고, 이 $F_1$을 자주색 눈 · 흔적 날개인 초파리(ppvv)와 교배시켜 $F_2$를 얻는 실험을 하였다. 표는 철수가 예상했던 $F_2$의 표현형 분리비와 실제 실험을 통해 얻은 결과를 나타낸 것이다.

| 표현형 | 붉은색 눈 · 정상 날개 | 붉은색 눈 · 흔적 날개 | 자주색 눈 · 정상 날개 | 자주색 눈 · 흔적 날개 |
|---|---|---|---|---|
| 예상 분리비 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 실험 결과 | 1 | 0 | 0 | 1 |

$F_2$의 표현형 분리비의 실제 실험 결과 값이 예상 분리비와 다른 이유를 설명하시오. [8점]

## 157

정답률 25%

다음 자료는 말의 갈기색 유전의 특성을 설명한 것이다.

(가) 갈기색은 1쌍의 대립 유전자에 의해 결정된다.
(나) 갈색 갈기의 말과 흰색 갈기의 말을 교배하면 황금색 갈기의 말만 태어난다.
(다) 황금색 갈기의 말끼리 교배하여 태어난 자손의 갈기색 분리비는 갈색 : 황금색 : 흰색=1 : 2 : 1이다.

황금색 갈기의 말과 갈색 갈기의 말을 교배하여 태어난 자손의 갈기색 표현형과 유전자형의 분리비를 각각 구하고, 그와 같은 결과가 나타난 이유를 설명하시오. (단, 갈색 갈기의 유전자는 B, 흰색 갈기의 유전자는 W라고 가정한다.) [10점]